



TITLE:

バランストレーニング実施頻度が 後期高齢者の運動機能に与える影 響

AUTHOR(S):

永井, 宏達; 市橋, 則明; 池添, 冬芽; 建内, 宏重; 坪山,
直生

CITATION:

永井, 宏達 ...[et al]. バランストレーニング実施頻度が後期高齢者の運動機能に与える影
響. 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻紀要 : 健康科学 : health science 2010,
6: 21-27

ISSUE DATE:

2010-03-31

URL:

<https://doi.org/10.14989/108558>

RIGHT:

原 著

バランストレーニング実施頻度が後期高齢者の 運動機能に与える影響

永井 宏達, 市橋 則明, 池添 冬芽
建内 宏重, 坪山 直生

Effect of Balance Training Frequency on Functional Improvement
in Elderly People over 75 Years of Age

Koutatsu NAGAI, Noriaki ICHIHASHI, Tome IKEZOE,
Hirosige TATEUCHI and Tadao TSUBOYAMA

Abstract: The purpose of this study was to investigate the effect of balance training frequency on functional improvement in elderly people over 75 years of age. The subjects comprised 14 institutionalized elderly people aged 84.9 ± 5.8 years (mean \pm SD). The training program consisted of balance training, five times a week, for 1 year. Muscle strength, balance, agility, mobility and flexibility were assessed at the beginning and the end of the 1-year intervention period. The ratio of attended to scheduled sessions was used as an index of training frequency. The training frequency showed significant correlations to the improvement rate of knee extension strength ($r = 0.59$) and modified SLR test ($r = 0.63$). Discriminant analysis revealed correct prediction frequency of 43.3, 54.8% and 57.2%, for the maintenance of muscle strength, balance and flexibility, respectively. In conclusion, balance training frequency significantly affects the improvement of physical performance in frail elderly people. Elderly people would need training at least two or three times a week to maintain muscle strength, balance and flexibility.

Key words: トレーニング実施頻度, 後期高齢者, バランストレーニング

はじめに

高齢者の運動機能低下は虚弱化を引き起こし、その結果、寝たきりや要介護状態をもたらすことが知られている。また近年、障害を有する高齢者だけではなく、障害を有しない高齢者のための予防戦略構築の必要性も強まっている。高齢者の運動機能を維持することは、要介護状態の回避や、医療費の削減のためだけではなく、高齢者の QOL の維持、拡大を目指す意味でも非常に重要である。

加齢による運動機能の変化としては、筋力、バランス、柔軟性、敏捷性といった運動機能の低下が報告されているが¹⁻³⁾、特に、バランス機能は加齢による低下が顕著であり、後期高齢者において障害されやすい機能である⁴⁻⁶⁾。また、バランス機能の低下は転倒リスクの増加につながるため⁷⁾、高齢者のバランス機能を維持することは重要である。

高齢者の運動機能を維持・改善することを目的とした、運動トレーニングの研究は過去に多くなされている。筋力強化やバランストレーニングなどによる報告があり、特に筋力トレーニングに関しては、最適頻度、強度、期間などについても報告され、週 2-3 回の頻度が適切であるとされている^{8,9)}。一方、バランストレーニングに関しては、バランス機能の改善や転倒予防に対する効果などが報告されているが^{7,10-11)}、頻度を週 2, 3 回程度とした研究が最も多く¹³⁻¹⁶⁾、その頻度でトレーニングを行った根拠ははっきりと示されていない。Howe らは、バランストレーニングのレビューで、最適な頻度について明らかではないとしている¹¹⁾。また、高齢者に対するトレーニングに関する報告は 8-12 週の短期間での効果をみているものを中心となっており、長期的なトレーニング効果については明らかではない。

そこで、本研究は後期高齢者を対象にバランストレーニングを 1 年間実施し、運動の実施頻度の違いが後期高齢者の運動機能変化に与える影響について検討した。

方 法

1. 対 象

対象は、ケアハウス（全入所者29名）に入所している75歳以上の後期高齢者とした。研究に関する説明を行い参加の希望が得られた対象者のうち、運動トレーニングに1年間参加した14名（平均年齢：84.9±5.8歳）を解析の対象者とした。性別は男性4名、女性10名、平均身長152.9±10.2 cm、平均体重52.5±10.3 kgであった。なお、脳血管障害、変形性関節症、慢性関節リウマチなどを有することにより、本研究の評価、トレーニング実施が困難な者および重度の認知症症状、高次脳機能障害、精神疾患により精神・心理機能低下の認められる者は除外した。なお、本研究はコントロール群を設けない、前向き介入研究である。

すべての被験者にあらかじめ研究の内容について十分な説明を行い、十分な理解と同意を得た。また、本研究の内容は、京都大学大学院医学研究科医学部「医の倫理委員会」で審査を受け、承認を得た。

2. 評 価

運動機能として、筋力、バランス機能、敏捷性、移動能力、柔軟性を測定した。

筋力として、握力と膝屈伸筋力を測定した。握力はスメドレー型握力計を使用して左右両側の測定を行った。測定は左右それぞれ2回ずつ行い、左右における最大値をデータとして採用した。

膝屈伸筋力測定には、筋力測定器（OG 技研 GT-100）を用いた。膝伸展筋力については、ダイナモメーターを膝関節中心よりも25 cm 遠位に取り付け、膝関節屈曲90°位における最大努力下での等尺性膝伸展筋力を2回測定し、左右における最大値をデータとして採用した。膝屈曲筋力については、ダイナモメーターを膝関節中心から24 cm 遠位に取り付け、膝関節屈曲60°位にて同様に屈曲筋力を測定した。伸展・屈曲とも、モーメントアーム長との積を算出し、トルク表示した。

バランス機能として、ファンクショナルリーチテスト（FRT）と開眼・閉眼片脚立位保持時間を測定した。

FRT にはリーチ測定器（酒井医療株式会社製 CK-101）を使用した。方法は開脚立位で利き手上肢を肩水平90°屈曲し、そこから上肢をそのまま水平に最大限前方に突出させることのできる距離を測定した。開眼・閉眼片脚立位保持時間は、開眼・閉眼それぞれでの片脚立位保持を左右2回行い、その最大値を採用した。

敏捷性の評価にはステッピング測定器（竹井機器製 TKK5301）を用いた。座位、立位それぞれにおいて、5秒間でできるだけ早く足踏みを行い、その回数を測

定した。座位、立位それぞれ2回施行し、その最大値を採用した。

移動能力の評価としては最大歩行速度と Timed Up & Go (TUG) を計測した。最大歩行速度は、努力歩行での10 m 歩行時間を測定し、そこから歩行速度を算出した。TUG は椅子座位を開始肢位とし、立ち上がって3 m 歩いて方向転換して戻り、再び椅子に座るまでの動作をできるだけ速く行った時の所要時間を測定した。

柔軟性は、ハムストリングスの伸張程度を下肢伸展挙上（straight leg raising：以下 SLR）テスト変法にて、股関節屈曲拘縮の程度をトーマステストにて評価した。SLR テスト変法は、仰臥位にて、股関節・膝関節90°屈曲位をとり、そこから検者が最大限膝を伸展させた際の膝屈曲角度を測定した。トーマステストは、膝より遠位を下垂させた仰臥位にて、反対側の股関節を最大屈曲させた時の、測定側の股関節屈曲角度を測定した。

すべての評価について、トレーニング介入前、1年間のトレーニング介入後の2回測定を実施した。

3. 運動プログラム

①立位でのゆっくりとした足踏み、②速い足踏み、③片足立ち、④立位でのゆっくりとした膝屈伸、⑤片脚立位にて挙上側下肢を前後・横方向にリーチする動作（バランスリーチ、図1）、の5種類のバランストレーニングからなるプログラムを実施した。①ゆっくりとした足踏みは、2秒で下肢を上げて2秒で降ろす動作を左右10回、②速い足踏みは、できるだけ速くステップを踏む動作を5秒間2セット、③片脚立ちは、左右1分間、④立位でのゆっくりとした膝屈伸は2秒で膝を屈曲させ2秒で戻す動作を左右10回、⑤バランスリーチは2秒で下肢をリーチさせ2秒で戻す動作を



図1 バランスリーチ

表1 トレーニング前後の各運動機能

		Pre-training	Post-training
筋 力	握 力 (kg)	21.2±6.7	21.2± 5.8
	膝伸展筋力 (kgm)	4.6± 2.6	4.9± 2.5
	膝屈曲筋力 (kgm)	2.6± 1.5	2.6± 1.5
バランス	Functional Reach (cm)	31.5± 8.2	29.2± 9.8
	片脚立位 (開眼) (sec)	13.0±16.7	12.9±20.3
	片脚立位 (閉眼) (sec)	3.2± 2.1	2.9± 2.1
敏捷性	ステッピング (座位) (回)	35.9± 6.9	37.7± 8.3
	ステッピング (立位) (回)	23.3± 7.6	24.8± 6.3
移動能力	最大歩行速度 (m/s)	1.2± 0.4	1.2± 0.5
	Timed up and go (sec)	10.4± 3.2	11.4± 5.2
柔軟性	トーマステスト (degree)	5.5± 3.1	3.3± 1.8
	SLR テスト変法 (degree)	69.1±10.4	67.6± 8.7

前後・横方向へ、左右5回ずつとした。リーチ距離は最大到達可能距離とし、運動を行うにあたり、支持が必要な者には傍らに設置した椅子の背もたれや壁を支持することを許可した。運動は週5回の頻度で行い、1回につき約10分の運動プログラムをグループ体操の形態で実施した。トレーニング期間は1年間とし、トレーニング期間中は定期的に理学療法士が運動指導にあたった。なお、トレーニングへの強制的な参加は求めず、個人の都合（体調不良や外出など）により自由に欠席できるものとした。1年間週5回の運動すべてに参加した場合を参加率100%とし、施設スタッフにより、確認できた出欠記録より対象者のトレーニング参加率を算出した。

4. 統計学的解析

トレーニング前後の各運動機能の変化について、対応のあるt検定を用いて解析した。基礎情報として、トレーニング参加率と年齢、ベースラインの運動機能との関連をみるため、ピアソンの相関係数を用いた。また、男女による運動参加率の違いをみるため、ウィルコクソンの符号付順位和検定を用いて検討した。トレーニング後の運動機能をトレーニング前の運動機能で除した値を、トレーニング前後比（トレーニング後運動機能/トレーニング前運動機能）として算出し、このトレーニング前後比（以下、前後比）と、トレーニング参加率との関係を調べるために、ピアソンの相関係数を用いた。なお、ピアソンの相関係数を使用するにあたり、前後比は対数変換をした値を用いた。また、運動機能を維持・改善できるだけのトレーニング参加率の判別点を明らかにするために、有意な相関あるいは傾向がみられた項目に対して、判別分析を行った。1年後の各運動機能が低下していない、もしくは向上した場合は維持・改善群、わずかにでも低下した場合は低下群として分類し、判別分析によって2群を判別するトレーニング参加率の判別値、判別の中率、誤判別率を求めた。統計学的有意水準は5%未満とし

た。

結 果

1. トレーニング前後での各運動機能の変化

介入期間中、疾病や傷害などによって機能状態や活動レベルに顕著な変化がみられた者は対象者の中にはいなかった。

トレーニング前後での各運動機能の評価結果を表1に示す。すべての運動機能項目で、1年間のトレーニング前後において有意な変化を示さなかった。

対象者全体の1年間でのトレーニング参加率は、平均50.4±26.2%（8.8-92.8%）であった。なお、トレーニング参加率と年齢、ベースラインの運動機能には有意な相関はみられなかった（表2）。また、性別による参加率の有意な差はみられなかった（男性51.0%，女性50.1%， $p=0.78$ ）。

トレーニングの参加率と、各運動機能の前後比との相関係数を表3に示した。トレーニング参加率と前後比との間に、有意な相関が認められたのは、膝伸展筋

表2 トレーニング参加率と年齢、ベースライン時の運動機能との相関

		相関係数
年 齢		-0.52
筋 力	握 力	0.15
	膝伸展筋力	0.23
	膝屈曲筋力	0.21
バランス	Functional Reach	0.28
	片脚立位 (開眼)	0.20
	片脚立位 (閉眼)	0.32
敏捷性	ステッピング (座位)	0.26
	ステッピング (立位)	0.39
移動能力	最大歩行速度	0.34
	Timed up and go	-0.21
柔軟性	トーマステスト	0.29
	SLR テスト	-0.07

Pearson's correlation coefficient, * $p<0.05$

表3 トレーニング参加率と運動機能前後比との相関係数

		相関係数
筋力	握力	0.16
	膝伸展筋力	0.59*
	膝屈曲筋力	0.15
バランス	Functional Reach	0.15
	片脚立位（開眼）	0.53
	片脚立位（閉眼）	0.44
敏捷性	ステッピング（座位）	0.12
	ステッピング（立位）	-0.15
移動能力	最大歩行速度	0.35
	Timed up and go	-0.34
柔軟性	トーマステスト	-0.07
	SLR テスト変法	0.63*

Pearson's correlation coefficient, * $p < 0.05$

表4 各運動機能を維持するための運動頻度判別点と判別の中率、誤判別率

項目	判別点 (%)	判別の中率 (%)	誤判別率 (%)	
膝伸展筋力	43.3	64.3	22.5	$p < 0.05$
片脚立位（開眼）	54.8	71.4	23.9	$p < 0.05$
SLR テスト	57.2	84.6	20.8	$p < 0.05$

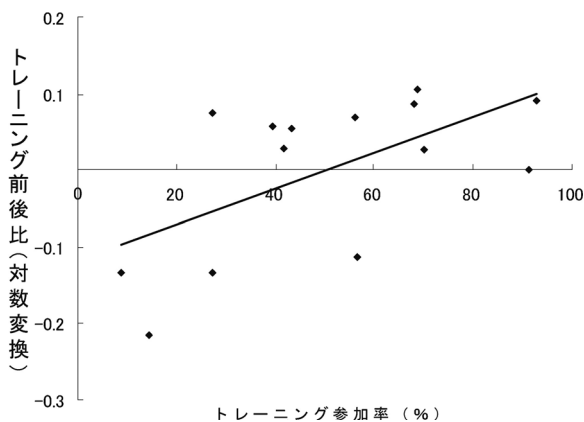


図2 膝伸展筋力の前後比とトレーニング参加率との相関

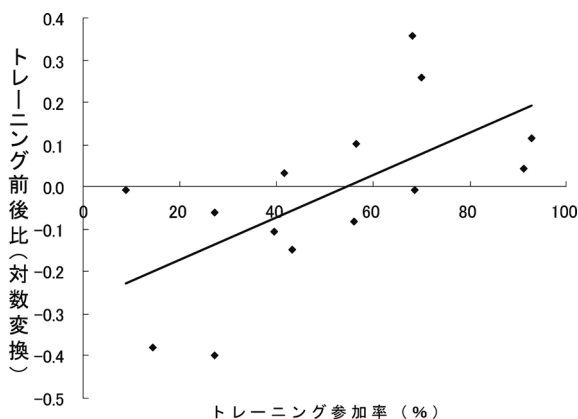


図3 SLR テスト変法の前後比とトレーニング参加率との相関

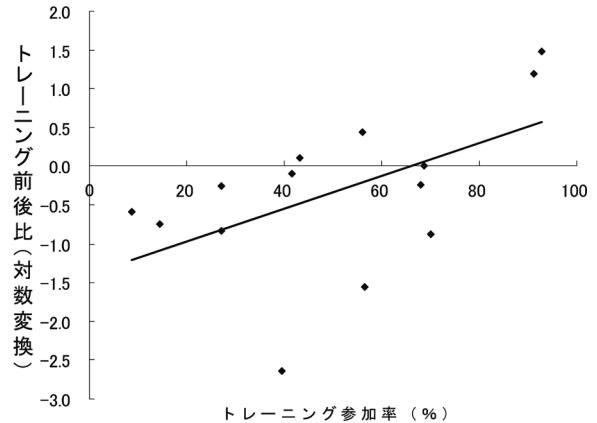


図4 片脚立位（開眼）の前後比とトレーニング参加率との相関

力 ($r = 0.59$, $p = 0.03$, 図2) と SLR テスト変法 ($r = 0.63$, $p = 0.02$, 図3) であった。また、片脚立位（開眼）においても傾向がみられた ($r = 0.53$, $p = 0.052$, 図4)。

3. 運動機能維持・改善群と低下群との判別分析

判別分析の結果、運動機能維持・改善群と低下群の2群間のトレーニング参加率について、マハラノビス距離の有意差が認められた項目は膝伸展筋力 ($p = 0.03$)、片脚立位（開眼）($p = 0.03$)、SLR テスト変法 ($p = 0.02$) であった。2群間のトレーニング参加率の判別値は、膝伸展筋力で43.3%（判別の中率64.3%）、片脚立位（開眼）で54.8%（判別の中率71.4%）、SLR テスト変法で57.2%（判別の中率84.6%）であった（表4）。

考 察

1. トレーニング参加率と各運動機能の前後比との相関関係

今回、トレーニング参加率と年齢、ベースラインの運動機能との間に有意な相関はみられず、また、性別による参加率の有意な差もなかった。つまり、トレーニング参加率は、もともとの身体機能の違いや、性別による影響を受けないことを表している。一般的に高齢者の筋力トレーニングの運動頻度に関しては、週2-3回が適当であり、筋力を維持することを目的とするならば、週1回の頻度でも可能とされている^{9,16)}。後期高齢者に着目した筋力トレーニングのレビューはみあたらないが、後期高齢者を対象とした先行研究においても、週2-3回の運動頻度での筋力トレーニングの有効性は報告されている¹⁵⁻¹⁹⁾。また、低強度で行う場合は、週4-5回程度の高頻度で行うことで、筋力増強の効果が得られることが報告されている²⁰⁾。

今回、1年間のバランストレーニングを実施した結果、膝伸展筋力の前後比とトレーニング参加率との間に有意な相関がみられた。高齢者では、特に単位断面積あたりの筋力（固有筋力）が低下しているため、神

経的因子により筋力増強する潜在能力を有しており、低強度の運動でも筋力向上が生じる可能性が報告されている²¹⁾。そのため、本研究のような低強度負荷のバランストレーニングによっても、高頻度で行った対象者は筋力増強効果が得られたことが考えられる。また、後期高齢者の膝伸展筋力の低下率が屈筋に比べ高いとされており²²⁾、運動によるトレーナビリティが高いことが考えられ、そのために膝屈曲筋力ではなく、膝伸展筋力に高い相関がみられたのではないかと推察される。

本研究においてバランストレーニングを行っていたにもかかわらず、SLR テスト変法（ハムストリングスの伸張性）の前後比と、参加率との間に相関がみられたことについては、本トレーニングにより、筋の伸張性が改善した可能性が考えられる。榎本ら²³⁾は、低負荷でのトレーニングにより柔軟性が改善する可能性があるとして述べている。また、Brown ら²⁴⁾は、高齢者に対して低負荷のトレーニングを週5日の頻度で3ヶ月間行った結果、下肢の柔軟性が改善したと述べている。今回我々が行ったトレーニングプログラムのような、低強度の運動を高頻度を実施することによって、筋の柔軟性に対しても効果がみられることが示唆された。

開眼片脚立位保持時間の前後比とトレーニング参加率との間にも、有意ではないものの関連する傾向がみられた ($p=0.052$)。この結果は、バランストレーニングプログラムの場合には高頻度に練習するほど、バランス機能が改善する可能性を示唆するものである。一方、バランストレーニングプログラムであったにもかかわらず、動的バランス機能の指標とされる FRT との間に相関がみられなかった。片脚立位に関連がみられ、FRT に関連がみられなかったことについては、ある動作を練習すれば、その練習した動作能力の向上が一番著しいという Specificity（特異性）の原則²⁵⁾の影響があったと推察する。島田ら²⁶⁾は、高齢者に対するバランストレーニングにおいても、その特異性が存在することを報告している。本研究の運動プログラムの中には、片脚立ちの練習が含まれており、特に片脚立位の能力向上が得られやすいものであったと思われる。また、Jonsson ら²⁷⁾は FRT の値は足圧中心移動距離よりも、体幹屈曲角度との相関が高いと述べており、FRT にはバランス能力だけでなく体幹可動域などの要素も反映されるため、訓練頻度との間に関連性がみられなかった可能性もある。

ステップング、移動能力といった、より動的な運動機能項目については、トレーニング参加率との間に相関がみられなかった。本研究のトレーニングは、1回の運動量が少なく（例えばステップングでは5秒を2回）、比較的短時間で行えるものであった。運動療法

の効果を得るには、ある一定以上の負荷の運動強度が必要であるとされている²⁸⁾。有意な相関が見られなかった項目に関しては、今回のトレーニングがダイナミックな運動機能の改善を引き出すだけの運動強度（運動量）に至らなかったことが影響していると思われる。

高齢者に対する心肺機能トレーニングや筋力トレーニングについては、高強度にて行う場合は、より高いトレーニング効果が得られる可能性があるが、その反面運動継続率が低下したり、傷害発生率が高くなるとされており²⁹⁾、一概に運動強度と頻度を上げることはよいとはいえない。しかし、本研究のプログラムは運動強度（量）自体が比較的低いプログラムであった。そのため、毎日プログラムに参加しても、過負荷になることはなく、体力レベルが低い施設入所後期高齢者でも取り組みやすいプログラムであったといえる。しかし一方で、参加率には個人差が大きくみられ（8.8-92.8%）、グループ全体としての運動機能の向上は認められなかった。参加率を向上させる為にも、個々の能力を検討して無理無く継続できるプログラムを設定することの重要性が示唆された。

2. 運動機能を維持・改善するために最低限必要なトレーニング頻度

判別分析の結果、運動機能維持・改善群と低下群の2群を有意に判別できた項目は、筋力（膝伸展筋力）、バランス（開眼片脚立位）、柔軟性（SLR テスト変法）であった。これは、筋力（膝伸展筋力）、バランス（開眼片脚立位）、柔軟性（SLR）には運動機能を維持・改善するために最低限必要なトレーニング頻度が存在することを示唆する。

今回の運動介入では、週5日の参加をもって参加率100%としていた。判別分析の結果より得られた判別的中率、誤判別率はそれぞれ、43.3・22.5%（膝伸展筋力）、54.8・23.9%（開眼片脚立位）、57.2・20.8%（SLR テスト変法）であり、単変量の分析としては比較的良好な判別適中率および誤判別率を示した。よって、筋力（膝伸展筋力）、バランス（開眼片脚立位）や、柔軟性（SLR テスト変法）といった運動機能を維持するためには、週に約2-3日以上運動頻度が必要であることが示唆された。また、筋力と比較して、バランス機能や柔軟性を維持・改善するためには、より高い訓練頻度が必要であると考えられる。

3. 本研究の制約

本研究では、後期高齢者を対象としたバランストレーニングを行った。参加率とトレーニング効果の相関について述べたが、厳密に、頻度の違いによるトレーニング効果について検証するためには、予め頻度が異なる群を設定して群間の比較を行う必要がある。本研究ではトレーニングの参加は自主的なものとした

ため、対照研究にはならず、また、もともとの生活様式には介入しないため、他の因子の影響を排除できない。参加率から事後的に分析した本研究の結果からは、バランストレーニングが今回の結果をもたらしたという根拠は制限される。また、トレーニングの参加が自主的なものであったことから、本研究の対象者はもともと運動意欲が高い集団であることが考えられる。運動意欲が低い集団においても同様の結果が得られるかどうかは明らかではない。本研究にて運動頻度が低い対象者では、頻度の偏りによる影響があることが考えられるが、今回は参加日時を調査していなかったため、その情報が定かではない。加えて、対象者の人数が14人と少ないことから、母集団を十分に抽出できていない可能性もあり、根拠に対する制限因子の一つである。

トレーニングの難易度や強度（量）を変えた場合は、トレーニング参加率（頻度）が運動機能にどのような影響を及ぼすか不明な点が多い。さらに、運動内容によって、実際に運動を継続してゆくコンプライアンスも変動することが考えられる。トレーニング内容とコンプライアンス、そしてトレーニング効果について、これらの関係性をより明確にするために、さらなる研究が必要である。

結 語

本研究の結果、後期高齢者ではバランストレーニングを頻回に行うほど、筋力（膝伸張筋力）、静的バランス（開眼片脚立位）、柔軟性（SLR テスト）が改善する可能性が示唆された。また、それらの機能を維持するための最低限の運動頻度として、週2-3回以上の運動が必要であることが明らかになった。

文 献

- 1) Lynch NA, Metter EJ, Lindle RS, Fozard JL, Tobin JD, Roy TA, Fleg JL, Hurley BF: Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J Appl Physiol*, 1999; 86: 188-194
- 2) Lindle RS, Metter EJ, Lynch NA, Fleg JL, Fozard JL, Tobin J, Roy TA, Hurley BF: Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20-93 yr. *J Appl Physiol*, 1997; 83: 1581-1587
- 3) 木村みさか: 高齢者への運動負荷と体力の老化変化および運動習慣. *J sports Sci*, 1991; 10: 722-729
- 4) 橋詰 謙: 立位保持能力の加齢変化. *日本老年医学雑誌*, 1986; 23: 85-91
- 5) 藤原勝夫: 姿勢の保持. *体育の科学*, 1995; 45: 186-191
- 6) 木村みさか, 奥野 直: 高齢者の立位保持に関する一考察. *体育科学*, 1998; 26: 103-114
- 7) Province MA, Hadley EC, Hornbrook MC, Lipsitz LA, Miller JP, Mulrow CD, Ory MG, Sattin RW, Tinetti ME, Wolf SL: The effect of exercise on falls in elderly patients. A preplanned meta-analysis of the FICSIT trials. Frailty and injuries: Cooperative studies of intervention techniques. *JAMA*, 1995; 273: 1341-1347
- 8) Rhea MR, Alver BA, Burkett LN, Ball SD: A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc*, 2003; 35: 456-464
- 9) Vincent KR, Braith RW, Feldman RA, Magyari PM, Cutler RB, Persin SA, Lennon SL, Gabr AH, Lowenthal DT: Resistance exercise and physical performance in adults aged 60 to 83. *J am Geriatr Soc*, 2002; 50: 1100-1107
- 10) James JO: Balance training to maintain mobility and prevent disability. *Am Prev Med*, 2003; 25: 150-156
- 11) Howe TE, Rochester L, Jackson A, Banks PM, Blair VA: Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database Syst Rev*, 2007; 17
- 12) Bellew JW, Fenter PC, Chelette B, Moore R, Loreno D: Effect of a short-term dynamic balance training program in healthy older woman. *J Geriatr Thera*, 2005; 28: 4-9
- 13) Steadman J, Donaldson N, Kalra L: A randomized controlled trial of an enhanced balance training program to improve mobility and reduce falls in elderly patients. *JAGS*, 2003; 51: 847-852
- 14) Nnodim JO, Strasburg D, Nabozny M, Nyquist L, Galecki A, Chen S, Alexander NB: Dynamic balance and stepping versus Tai Chi training to improve balance and stepping in at-risk older adults. *JAGS*, 2006; 54: 1825-1831
- 15) Yaggie JA, Campbell BM: Effects of balance training on selected skills. *J Strength Cond Res*, 2006; 20: 422-428
- 16) Trappe S, Williamson D, Godard M: Maintenance of whole muscle strength and size following resistance training in older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2002; 57: 138-143
- 17) Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meredith CN, Lipsitz LA, Evans WJ: High-intensity strength training in nonagenarians. *JAMA*, 1990; 263: 3029-3034
- 18) Harridge SD, Kryger A, Stensgaard A: Knee extensor strength activation, and size in very elderly people following strength training. *Muscle & Nerve*, 1999; 831-839
- 19) Grimby G, Aniansson A, Hedberg M, Henning GB, Grangård U, Kvist H: Training can improve muscle strength and endurance in 78- to 84-yr-old men. *J Appl Physiol*, 1992; 73: 2517-2523
- 20) Ikezoe T, Tsutou A, Asakawa Y, Tsuboyama T: Low intensity training for frail elderly women: long-term effects on motor function and mobility. *J phys ther sci*, 2005; 17: 43-49
- 21) 池添冬芽, 浅川康吉, 島 浩人, 市橋則明: 加齢による大腿四頭筋の形態的特徴および筋力の変化について—高齢女性と若年女性との比較—. *理学療法学*, 2007; 34: 232-238
- 22) Miyatani M, Kanehisa H, Azuma K, Kuno S, Fukunaga T: Site-related differences in muscle loss with aging: A cross-sectional survey on the muscle thickness in Japanese men aged 20 to 79 years. *International J sport and health science*, 2004; 1: 34-40
- 23) 榎本雪絵, 木村義徳, 井上直子, 望月秀樹, 竹内孝仁: パワーリハビリテーションの手法による低負荷運動プログラムの要介護高齢者への改善効果. *理学療法*, 2006; 23: 1657-1663
- 24) Brown M, Holloszy JO: Effects of a low intensity exercise program on selected physical performance characteristics of

- 60- to 71-year olds. Aging (Milano), 1991 ; 3 : 129-39
- 25) 森谷敏夫: スポーツ生理学. 東京: 朝倉書店, 1994 ; 147-159
- 26) 島田裕之, 内山 靖: 高齢者に対する 3 ヶ月の異なる運動が静的および動的バランス機能に及ぼす影響. 理学療法学, 2001 ; 28 : 38-46
- 27) Jonsson E, Henriksson M, Hirschfeld H: Does the functional reach test reflect stability limits in elderly people? J Rehabil Med, 2003 ; 35 : 26-30
- 28) 照井和史, 山口和之: 高齢者の運動機能と筋力トレーニング概論. 運動・物理療法, 2005 ; 16 : 256-263
- 29) Mazzeo RS, Tanaka H: Exercise prescription for the elderly: current recommendation. Sports Med, 2001 ; 31 : 809-818